

ГВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУН Института автоматизации и
электростроения Сибирского отделения
Российской академии наук
Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.
С. А. Бабин
«31» января 2023 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Баскаковой Ксении Ивановны** «Пассивные оптические элементы на основе полимеров и углеродных наноструктур для микроволнового и терагерцового диапазонов частот», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия

Для последних десятилетий характерен огромный интерес к исследованиям наноструктур и наноструктурированных материалов, что в значительной степени обусловлено бурным развитием методов синтеза и диагностики новых углеродных материалов с sp^2 -гибридизацией валентных орбиталей атома углерода. Это прежде всего одно- и многостенные углеродные нанотрубки (ОУНТ, МУНТ), графен, терморасширенный графит (ТРГ), углеродные нанохорны (УНХ) и композиты на их основе, которые демонстрируют уникальные физико-химические свойства, связанные с особенностями их атомной структуры и своеобразным строением π -электронной подсистемы вблизи уровня Ферми. Как следствие, эти системы рассматриваются в качестве очень перспективных материалов для множества прикладных разработок. Важную роль в этих разработках, по всей видимости, будет играть функционализация исходных углеродных наноструктур за счет модификации их свойств посредством химической или физической адсорбции на них атомов, молекул или тонких слоев другого вещества. Ожидается, что функционализация значительно расширит спектр композитов на основе этих углеродных наноструктур и диапазон их физико-химических свойств. Для характеристики этих структур широко применяются современные спектроскопические методы. Диссертационная работа Баскаковой К.И. посвящена экспериментальному исследованию особенностей взаимодействия электромагнитного излучения различных областей спектра с композиционными материалами на основе УНХ, ОУНТ И ТРГ. Необходимо отметить, что исследование композиционных материалов на основе наноструктур является одним из наиболее активно развивающихся направлений современного научного материаловедения. В связи с вышесказанным, рецензируемая работа является несомненно актуальной.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемой

литературы. Работа изложена на 137 страницах и включает 55 рисунков и 9 таблиц. Список цитированной литературы содержит 228 ссылок.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, описаны объекты и методы исследования, представлены цель и задачи работы, охарактеризованы научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы выносимые на защиту научные положения, отмечен личный вклад автора и приведены данные об апробации работы.

В литературном обзоре (глава 1) Баскакова К.И. описывает используемые в работе углеродные наноструктуры (ОУНТ, УНХ, ТРГ), способы изготовления полимерных композитов с наноструктурами, в том числе методы 3D-печати, и их электромагнитные свойства. Так же рассмотрены основные пассивные оптические элементы, которые могут быть получены из полимерных композиционных материалов. Подводя итог обзорной главы, Баскакова К.И. формулирует основные направления выполненного ей исследования.

Вторая глава диссертации посвящена описанию особенностей экспериментальных методик, которые использованы для создания УНТ, композиционных материалов на их основе и характеристики структуры получаемых материалов. Здесь также рассмотрены методы моделирования и компьютерной обработки, результаты которых используются для сопоставления с полученными экспериментальными данными. Подробно описаны методики получения и анализа экспериментальных спектров импеданса, высокочастотных коэффициентов пропускания и отражения с помощью векторного анализатора цепей «Микран» и квазиоптического спектрометра терагерцового излучения СТД-21. Описаны особенности анализа диэлектрического отклика композиционных материалов в низкочастотном и гигагерцовом диапазоне, а также особенности проведения измерений и моделирования в терагерцовой области.

Глава 3 посвящена описанию полученных экспериментальных данных и их анализу. Первый раздел Главы 3 посвящён структуре, морфологии и электропроводности синтезированных углеродных нанохорнов. Второй раздел описывает электромагнитные свойства полистирольных композитов с углеродными нанохорнами. В нем обозначена проблематичность использования УНХ для 3D-печати. Автором было установлено влияние морфологии углеродных нанохорнов на электрические свойства композитов. Предметом обсуждения третьего раздела является влияние экструзии и 3D-печати на электромагнитные свойства композитов ОУНТ/полистирол. Показано, что экструзия полимерных композиционных материалов и печать методом послойного наплавления улучшают дисперсию наполнителя и понижают порог перколяции однослойных

углеродных нанотрубок в полистироле. Наконец, заключительный четвертый раздел посвящен описанию диэлектрических свойств композитов на основе акрилового фотополимера с ОУНТ или ТРГ и высокочастотных электромагнитных откликов от композиционных полимерных каркасов, полученных методом 3D-печати. Установлено, что минимумы пропускания полученных материалов регулярно смещаются в сторону меньших частот при увеличении периода каркасов, а эффективность поглощения прошедшей волны увеличивается с увеличением слойности каркаса и доли наполнителя

Подводя итоги описания результатов диссертационного исследования, выполненного Баскаковой К.И., прежде всего следует подчеркнуть обоснованность и достоверность основных результатов и выводов диссертации, которые обеспечиваются корректностью постановки задач работы, высоким уровнем используемой экспериментальной техники в сочетании с мощными спектроскопическими методиками, профессиональным применением современных научных концепций — анализа экспериментальных данных. Для научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, характерна внутренняя непротиворечивость и согласованность с общепризнанными физическими положениями и результатами имеющихся расчетов и экспериментов.

Углеродные нанохорны, модифицированные толуолом, композиционные полимерные каркасы на основе акрилового фотополимера и углеродных наноструктур получены впервые. Результаты анализа импеданса полистирольных композитов с углеродными нанохорнами и терагерцовые спектры пропускания композиционных каркасов также являются полностью новыми. Все это определяет новизну и научную значимость результатов, научных положений и выводов, сформулированных в диссертации Баскаковой К.И. Следует подчеркнуть, что выполненные исследования по задачам, способам их решения, качеству экспериментальных данных и полученным результатам соответствуют мировому уровню, о чем свидетельствует их публикация в ведущих зарубежных журналах.

Научная значимость определяет и практическую ценность результатов работы, так как они существенно расширяют возможности 3D-печати композиционными материалами. Полученные результаты исследования зависимости структуры композиционного материала и его диэлектрических свойств могут быть применены при создании функциональных материалов, обладающих диэлектрическими характеристиками, настроенными под конкретные практические приложения.

Работа написана хорошим языком, достаточно полно иллюстрирована, ее материал изложен ясно и последовательно. Диссертационная работа Баскаковой К.И. «Пассивные оптические элементы на основе полимеров и углеродных наноструктур для микроволнового и терагерцового диапазонов частот» представляет собой завершенную научно-квалификационную по актуальной тематике. В ней получен целый ряд новых научных результатов и выводов, в совокупности представляющих новый шаг в исследовании полимерных композиционных материалов на основе углеродных наноструктур. Определяющая роль автора в выполнении рецензируемого исследования не вызывает сомнения.

К диссертационной работе нет принципиальных замечаний, которые стоило бы вынести на обсуждение.

Автореферат диссертации правильно и полно отражает содержание диссертационной работы.

Результаты диссертации опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных журналах и 8 тезисах докладов. Основные результаты диссертации достаточно хорошо апробированы: они были доложены и обсуждены всероссийских и международных конференциях.

Материалы диссертации представляют несомненный интерес для специалистов в области синтеза, диагностики и применения ориентированных и функционализированных углеродных наноструктур, которые работают в Московском государственном университете, Южном федеральном университете, Воронежском государственном университете, Санкт-Петербургском государственном университете, Институте катализа СО РАН, ФТИ РАН и др.

Заключение. Оценивая диссертацию Баскаковой К.И. в целом, можно утверждать, что по объему и оригинальности полученных результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов она удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК в соответствии с пунктами 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), а ее автор, Баскакова Ксения Ивановна, является сложившимся специалистом в области синтеза и диагностики углеродных наносистем и наноструктурированных материалов спектроскопическими методами, и заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия.

Работа обсуждена на семинаре лаборатории информационной оптики Института автоматизации и электрометрии 13 октября 2022 г. и единогласно поддержана участниками

семинара.

Отзыв составил кандидат технических наук Н.А. Николаев.

Отзыв обсужден и единогласно одобрен на объединенном научном семинаре тематической группы терагерцовой фотоники (№ 15-4) и лаборатории спектроскопии конденсированных сред (№ 04) 17 января 2023 года, протокол № 1 от 17.01.2023.

Составил:

Кандидат технических наук

(01.04.05 – Оптика),

старший научный сотрудник

руководитель тематической группы терагерцовой фотоники

ФГБУН Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения РАН

Согласен на обработку персональных данных

Н. А. Николаев

Член-корреспондент РАН, профессор, доктор физико-математических наук

(01.04.05 – Оптика),

главный научный сотрудник,

заведующий лаборатории спектроскопии конденсированных сред

ФГБУН Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения РАН

Согласен на обработку персональных данных

Н. В. Суровцев

Подписи Николаева Н.А. и Суровцева Н.В. заверяю

Ученый секретарь

Института автоматики и электрометрии СО РАН

кандидат физико-математических наук

Донцова Е.И.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИАиЭ СО РАН)

630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, д. 1, ИАиЭ СО РАН

Контактный телефон: 8 (383) 330-79-69

Интернет сайт: ww.iae.nsk.su, e-mail: iae@iae.nsk.su